Tópico 2

1 E.R. Dada a função horária $s = 10 + 3t$, válida no SI, isto é, com **s** em metros e **t** em segundos, determine:
a) se o movimento é uniforme ou variado;
b) o espaço inicial, a velocidade escalar e o sentido do movimento em relação à trajetória;
c) o espaço em $t = 5$ s e o instante em que $s = 31$ m.

Resolução:
a) O movimento é uniforme, porque a função horária $s = 10 + 3t$ é do primeiro grau em **t**.
b) Temos: $s = 10 + 3t$ (SI)
e
$s = s_0 + v\,t$
Confrontando essas duas expressões termo a termo, vem:
$\boxed{s_0 = 10\text{ m}}$ (Espaço inicial)
$\boxed{v = 3\text{ m/s}}$ (Velocidade escalar)
O sentido do movimento é o mesmo da trajetória, pois a velocidade escalar é positiva (movimento progressivo).
c) Para $t = 5$ s, obtemos:
$$s = 10 + 3(5) \Rightarrow \boxed{s = 25\text{ m}}$$
Para $s = 31$ m, vem:
$$31 = 10 + 3t \Rightarrow 3t = 21 \Rightarrow \boxed{t = 7\text{ s}}$$

2 Nas seguintes funções horárias do espaço, identifique o espaço inicial $\mathbf{s_0}$ e a velocidade escalar **v**:
a) $s = 20 + 4t$ (SI);
b) $s = 15 - 3t$ (cm; s);
c) $s = 12t$ (km; h).

Resolução:
$s = s_0 + vt$
a) $s = 20 + 4\,t \Rightarrow \boxed{s_0 = 20\text{ m}}$ e $\boxed{v = 4\text{ m/s}}$
b) $s = 15 + (-3t) \Rightarrow \boxed{s_0 = 15\text{ cm}}$ e $\boxed{v = -3\text{ cm/s}}$
c) $s = 0 + 12t \Rightarrow \boxed{s_0 = 0}$ e $\boxed{v = 12\text{ km/h}}$

Respostas: a) $s_0 = 20$m; $v = 4$ m/s; b) $s_0 = 15$ cm; $v = -3$ cm/s; c) $s_0 = 0$; $v = 12$ km/h

3 As tabelas a seguir fornecem informações referentes a movimentos uniformes. Determine, em cada caso, a velocidade escalar e os valores de **x** e **y**.

a)

s (m)	4	12	20	x	84
t (s)	0	1	2	7	y

b)

v (m/s)	15	15	x	15	y
t (s)	0	2	4	6	8

c)

s (m)	20	16	x	8	0
t (s)	0	2	4	6	y

Resolução:
a) $\left.\begin{array}{l} s_0 = 4\text{ m} \\ \boxed{v = 8\text{ m/s}} \end{array}\right\} \Rightarrow s = 4 + 8t \Rightarrow$
$\Rightarrow \left\{\begin{array}{l} t = 7\text{s}:\ x = 4 + 8 \cdot 7 \Rightarrow \boxed{x = 60\text{ m}} \\ s = 84\text{ m} \Rightarrow 84 = 4 + 8y \Rightarrow \boxed{y = 10\text{ s}} \end{array}\right.$

b) $\boxed{v = 15\text{ m/s}}$ $\boxed{x = 15\text{ m/s}}$ $\boxed{y = 15\text{ m/s}}$

c) $v = \dfrac{16 - 20}{2 - 0} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_0 = 20\text{ m} \\ \boxed{v = -2\text{ m/s}} \end{array}\right\} \Rightarrow s = 20 - 2t \Rightarrow$
$\Rightarrow \left\{\begin{array}{l} t = 4\text{s}:\ x = 20 - 2 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{x = 12\text{ m}} \\ s = 0:\ 0 = 20 - 2y \Rightarrow \boxed{y = 10\text{ s}} \end{array}\right.$

Respostas: a) 8 m/s; x = 60 m, y = 10 s;
b) 15 m/s, x = 15 m/s; y = 15 m/s;
c) –2 m/s; x = 12 m, y = 10 s

4 (UFPE) Um caminhão se desloca com velocidade constante de 144 km/h. Suponha que o motorista cochile durante 1,0 s. Qual o espaço, em metros, percorrido pelo caminhão nesse intervalo de tempo se ele não colidir com algum obstáculo?

Resolução:
• 144 km/h = 40 m/s
• $\Delta s = v\,t = 40 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 40\text{ m}}$

Resposta: 40 m

5 (UFRGS-RS) A tabela registra dados da posição **x** em função do tempo **t**, referentes ao movimento retilíneo uniforme de um móvel. Qual é a velocidade desse móvel?

t (s)	**x** (m)
0	0
2	6
5	15
9	27

Resolução:
De 0 a 2 s, por exemplo, temos:
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6 - 0}{2 - 0} \Rightarrow \boxed{v = 3\text{ m/s}}$$

Resposta: 3 m/s

6 E.R. Um sinal luminoso é emitido da Terra, no instante $t_0 = 0$, dirigindo-se para a Lua, onde sofre reflexão num espelho, lá colocado por uma das missões Apolo, e retorna à Terra no instante **t**. Considerando igual a $3{,}84 \cdot 10^5$ km a distância da Terra à Lua e sendo de $3{,}00 \cdot 10^5$ km/s a velocidade de propagação da luz nessa viagem, calcule **t**.

Resolução:
Na ida da luz da Terra até a Lua, temos:

$\Delta s = 3{,}84 \cdot 10^5$ km $= 3{,}84 \cdot 10^8$ m

$v = 3{,}00 \cdot 10^5$ km/s $= 3{,}00 \cdot 10^8$ m/s

Como $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, vem: $\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{3{,}84 \cdot 10^8}{3{,}00 \cdot 10^8} \Rightarrow \Delta t = 1{,}28$ s

Na volta da luz, decorre o mesmo tempo. Assim:

$$t = 2\Delta t \Rightarrow \boxed{t = 2{,}56 \text{ s}}$$

7 Na procura de cardumes, um pescador usa o **sonar** de seu barco, que emite um sinal de ultrassom. Esse sinal propaga-se pela água, incide em um cardume, onde sofre reflexão, retornando ao barco 0,30 s após a emissão. A que profundidade está o cardume, sabendo que a velocidade do ultrassom na água é igual a 1 480 m/s?

Resolução:

Na ida do sinal até o cardume:

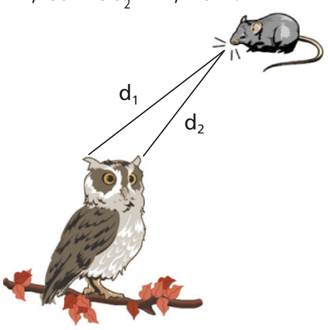
$\Delta s = v\,t = 1480 \cdot 0{,}15 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 222 \text{ m}}$

Resposta: 222 m

8 (UFRJ) A coruja é um animal de hábitos noturnos que precisa comer vários ratos por noite.

Um dos dados utilizados pelo cérebro da coruja para localizar um rato com precisão é o intervalo de tempo entre a chegada de um som emitido pelo rato a um dos ouvidos e a chegada desse mesmo som ao outro ouvido.

Imagine uma coruja e um rato, ambos em repouso; em dado instante, o rato emite um chiado. As distâncias da boca do rato aos ouvidos da coruja valem $d_1 = 12{,}780$ m e $d_2 = 12{,}746$ m.



Sabendo que a velocidade do som no ar é de 340 m/s, calcule o intervalo de tempo entre a chegada do chiado aos dois ouvidos.

Resolução:

O intervalo de tempo pedido é o tempo para o som percorrer a diferença entre d_1 e d_2 ($\Delta d = 0{,}034$ m):

$\Delta d = v\,t \Rightarrow t = \frac{\Delta d}{v} = \frac{0{,}034}{340} \Rightarrow t = 100 \cdot 10^{-6}/s \Rightarrow \boxed{t = 100\ \mu s}$

Resposta: 100 µs

9 A velocidade de propagação da luz no vácuo é cerca de 300 000 km/s. Um ano-luz é a distância percorrida pela luz, no vácuo, durante um ano terrestre.

a) Um ano-luz corresponde a quantos quilômetros? (Considere 1 ano = 365 dias e apresente o resultado em notação científica, com duas casas decimais.)

b) No dia 24 de fevereiro de 1987, foi descoberta uma supernova (explosão estelar) pelo astrônomo canadense Ian Shelton, da Universidade de Toronto. Ela foi localizada na Grande Nuvem de Magalhães, visível apenas no hemisfério Sul. Segundo as notícias veiculadas pela imprensa, a distância da Terra até essa supernova é de aproximadamente 170 mil anos-luz. Há quanto tempo aconteceu a explosão que estamos vendo hoje?

Nota:

- Escrever um número em notação científica significa colocá-lo na forma A, BC... $\cdot 10^n$, em que **A** é um algarismo diferente de zero e **n** é um expoente adequado.

  Exemplos: $931 = 9{,}31 \cdot 10^2$; $0{,}048 = 4{,}8 \cdot 10^{-2}$.

Resolução:

a) • 1 ano = 365 dias = 365 · 24 h = 365 · 24 · 3 600 s

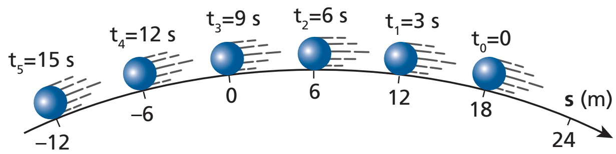
• $\Delta s = v\,t \Rightarrow$ 1 ano-luz = 300 000 km/s · (365 · 24 · 3 600 s)

$\boxed{1 \text{ ano-luz} = 9{,}46 \cdot 10^{12} \text{ km}}$

b) Há 170 mil anos.

Respostas: a) $9{,}46 \cdot 10^{12}$ km; b) Há 170 000 anos.

10 Estabeleça a função horária do espaço correspondente ao movimento uniforme que ocorre na trajetória a seguir:



Resolução:

• $s_0 = 18$ m

• $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{12 - 18}{3 - 0} \Rightarrow v = -2$ m/s

• $s = s_0 + v\,t \Rightarrow \boxed{s = 10 - 2t}$ (SI)

Resposta: $s = 10 - 2t$ (SI)

11 A função horária dos espaços de um móvel é $s = 50 - 10t$ no SI.

a) Determine o instante em que o móvel passa pela origem dos espaços.

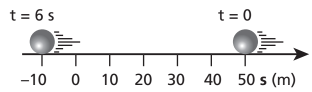
b) Supondo que a trajetória seja retilínea, esboce-a, mostrando as posições do móvel nos instantes 0 e 6 s.

Resolução:

a) $s = 0$: $0 = 50 - 10t \Rightarrow \boxed{t = 5 \text{ s}}$

b) $t = 0$: $s_0 = 50$ m

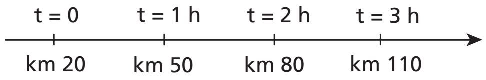
$t = 6$ s : $s = 50 - 10 \cdot 6 \Rightarrow s = -10$ m



Respostas: a) 5 s;

b)

12 (Ufac) Um automóvel se desloca em uma estrada retilínea com velocidade constante. A figura mostra as suas posições, anotadas com intervalos de 1 h, contados a partir do quilômetro 20, onde se adotou o instante t = 0:



Com o espaço **s** em quilômetros e o tempo **t** em horas, escreva a função horária do espaço para esse movimento.

Resolução:
- $s_0 = 20$ km
- $v = 30$ km/h
- $s = s_0 + vt$

$\boxed{s = 20 + 30t}$

Resposta: $s = 20 + 30t$

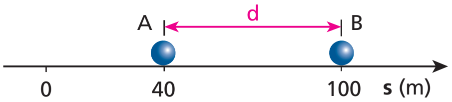
13 E.R. As funções horárias do espaço de duas partículas, **A** e **B**, que se movem numa mesma reta orientada, são dadas, no SI, por:

$$s_A = 4t \quad \text{e} \quad s_B = 120 - 2t$$

A origem dos espaços é a mesma para o estudo dos dois movimentos, o mesmo ocorrendo com a origem dos tempos.
Determine:
a) a distância que separa as partículas no instante t = 10 s;
b) o instante em que essas partículas se encontram;
c) a posição em que se dá o encontro.

Resolução:
a) Em t = 10 s, temos:

$$s_A = 4(10) \Rightarrow s_A = 40 \text{ m}$$
$$s_B = 120 - 2(10) \Rightarrow s_B = 100 \text{ m}$$



Assim, a distância entre as partículas é:

$$d = 100 - 40 \quad \Rightarrow \quad \boxed{d = 60 \text{ m}}$$

b) No instante em que essas partículas se encontram, (t_e), seus espaços são iguais. Então, podemos escrever:

$$4t_e = 120 - 2t_e \quad \Rightarrow \quad \boxed{t_e = 20 \text{ s}}$$

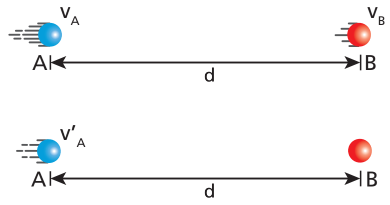
c) A posição em que se dá o encontro é dada pelo espaço correspondente:

$$s_A = 4t_e = 4(20) \Rightarrow s_A = 80 \text{ m}$$

$$\boxed{s_A = s_B = 80 \text{ m}}$$

Nota:
- Considere duas partículas, **A** e **B**, movendo-se numa mesma trajetória, com velocidades escalares constantes v_A e v_B, medidas em relação ao solo. Seja **d** a "distância" que as separa no instante $t_0 = 0$. A determinação do **instante de encontro** (t_e) entre elas pode ser feita de um modo bem mais simples, adotando-se como referencial **uma das partículas**. Com isso, a velocidade dessa partícula torna-se igual a zero (ela "para") e a velocidade da outra terá módulo igual à diferença entre os módulos de v_A e v_B, quando elas se moverem no mesmo sentido, e módulo igual à soma dos módulos de v_A e v_B, quando se moverem em sentidos opostos. Veja os seguintes esquemas:

- **A e B movem-se no mesmo sentido**

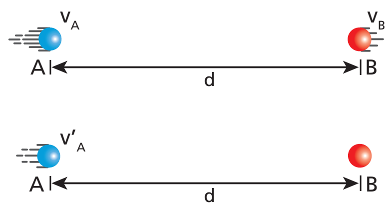


(Referencial em **B**)

Lembrando que $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$, calculamos t_e fazendo:

$$|v'_A| = \frac{d}{t_e}, \text{ em que } |v'_A| = |v_A| - |v_B|$$

- **A e B movem-se em sentidos opostos**



(Referencial em **B**)

Como $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$, calculamos t_e fazendo:

$$|v'_A| = \frac{d}{t_e}, \text{ em que } |v'_A| = |v_A| + |v_B|$$

Agora, usando esse recurso, calcule t_e no exercício 13.

14 A figura a seguir mostra dois móveis pontuais **A** e **B** em movimento uniforme, com velocidades escalares de módulos respectivamente iguais a 11 m/s e 4 m/s. A situação representada na figura corresponde ao instante $t_0 = 0$.

Determine:
a) as funções horárias do espaço para os movimentos de **A** e de **B**;
b) o instante em que **A** e **B** se encontram;
c) os espaços de **A** e de **B** no instante do encontro.

Resolução:

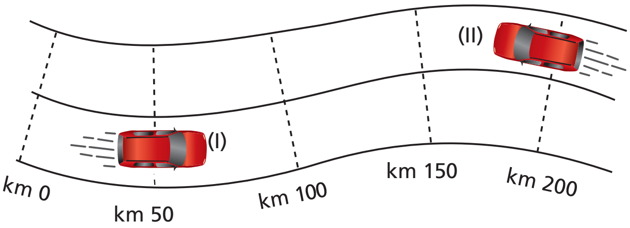
a) $s = s_0 + v\,t \begin{cases} \boxed{s_A = 20 + 11\,t} \text{ (SI)} \\ \boxed{s_B = 90 + 4\,t} \text{ (SI)} \end{cases}$

b) $s_A = s_B \;\Rightarrow\; 20 + 11t_e = 90 + 4t_e \;\Rightarrow\; \boxed{t_e = 10 \text{ s}}$

c) $s_A = 20 + 11 \cdot 10 \;\Rightarrow\; \boxed{s_A = s_B = 130 \text{ m}}$

Respostas: a) $s_A = 20 + 11t$ (SI), $s_B = 90 + 4\,t$ (SI); b) 10 s; c) $s_A = s_B = 130$ m

15 A figura a seguir mostra as posições de dois automóveis (**I** e **II**) na data $t_0 = 0$:



Nesse instante ($t_0 = 0$), as velocidades escalares de **I** e de **II** têm módulos respectivamente iguais a 60 km/h e 90 km/h. Supondo que os dois veículos mantenham suas velocidades escalares constantes, determine:

a) o instante em que se cruzarão;

b) a posição em que ocorrerá o cruzamento.

Resolução:

a) $s = s_0 + v\,t \begin{cases} \boxed{s_I = 50 + 60\,t} \\ \boxed{s_{II} = 200 - 90\,t} \end{cases}$

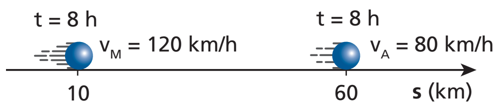
$s_I = s_{II} \Rightarrow 50 + 60t_e = 200 - 90t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 1\text{ h}}$

b) $s_I = 50 + 60 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{s_I = s_{II} = 110\text{ km}}$

Respostas: a) 1 h; b) km 110

16 Às oito horas da manhã, uma motocicleta está passando pelo km 10 de uma rodovia, a 120 km/h, e um automóvel está passando pelo km 60 da mesma rodovia a 80 km/h. Sabendo-se que os dois veículos viajam no mesmo sentido e supondo que suas velocidades escalares sejam constantes, determine o horário em que a moto irá alcançar o automóvel.

Resolução:



• Em relação a um referencial no automóvel, $v'_M = 40$ km/h:

$v'_M = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v'_M} = \frac{50}{40} \Rightarrow \Delta t = \frac{5}{4}\text{ h} = 1\text{ h }15\text{ min}$

Portanto:

$t_e = 8\text{ h} + 1\text{ h }15\text{ min} \Rightarrow \boxed{t_e = 9\text{ h }15\text{ min}}$

Resposta: 9 h 15 min

17 Uma raposa encontra-se a 100 m de um coelho, perseguindo-o. Sabendo que as velocidades da raposa e do coelho valem, respectivamente, 72 km/h e 54 km/h, responda: quanto tempo dura essa bem-sucedida perseguição?

Resolução:

• 72 km/h = 20 m/s e 54 km/h = 15 m/s

• Em relação a um referencial no coelho, $v'_r = 5$ m/s:

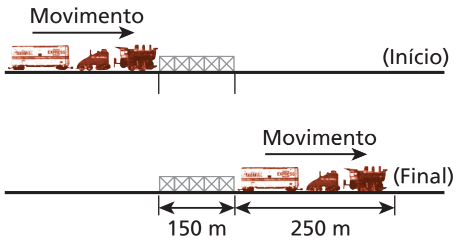
$\Delta s = v'_r t \Rightarrow 100 = 5t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 20\text{ s}}$

Resposta: 20 s

18 E.R. Calcule o tempo que um trem de 250 m de comprimento, viajando a 72 km/h, demora para atravessar completamente uma ponte de 150 metros de extensão.

Resolução:

As figuras a seguir mostram o trem no início e no final da travessia:



Então, durante a travessia, o trem percorre 400 m com velocidade escalar igual a 72 km/h, que equivale a 20 m/s. Assim:

$$\Delta s = v\,t$$

$$400 = 20t \Rightarrow \boxed{t = 20\text{ s}}$$

19 Um trem de 200 m de comprimento move-se com velocidade escalar constante de 72 km/h. Calcule o tempo decorrido para esse trem passar completamente:

a) por uma pessoa parada à beira da ferrovia;

b) por um túnel de 100 m de extensão.

Resolução:

a) $\Delta s = v\,t \Rightarrow 200 = 20t \Rightarrow \boxed{t = 10\text{ s}}$

b) $\Delta s = v\,t \Rightarrow 300 = 20\,t \Rightarrow \boxed{t = 15\text{ s}}$

Respostas: a) 10 s; b) 15 s

20 O maquinista de um trem de 400 m de comprimento mede o tempo para o trem atravessar completamente um túnel, obtendo 15 segundos. O maquinista sabe também que o trem se manteve em movimento uniforme, a 40 m/s. Qual o comprimento do túnel?

Resolução:

$\Delta s = v\,t \Rightarrow 400 + x = 40 \cdot 15 \Rightarrow \boxed{x = 200\text{ m}}$

Resposta: 200 m

21 (Uespi) Um passageiro perdeu um ônibus que saiu da rodoviária há 5,0 min e pegou um táxi para alcançá-lo.

O ônibus e o táxi descrevem a mesma trajetória e seus movimentos são uniformes.

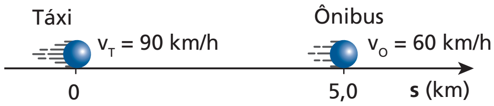
A velocidade escalar do ônibus é de 60 km/h e a do táxi é de 90 km/h.

O intervalo de tempo necessário ao táxi para alcançar o ônibus é de:

a) 5,0 min.
b) 10 min.
c) 15 min.
d) 20 min.
e) 25 min.

Resolução:

Nos 5,0 min ($\frac{1}{12}$ h), o ônibus já havia percorrido $60\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{12}\text{ h} = 5{,}0\text{ km}$.



$$\left.\begin{array}{l} s_T = 90\,t \\ s_O = 5{,}0 + 60t \end{array}\right\} \Rightarrow 90t_e = 5{,}0 + 60t_e \Rightarrow t_e = \frac{1}{6}\text{ h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{t_e = 10\text{ min}}$$

Resposta: b

22 (Fuvest-SP) Um automóvel e um ônibus trafegam em uma estrada plana, mantendo velocidades constantes em torno de 100 km/h e 75 km/h, respectivamente. Os dois veículos passam lado a lado em um posto de pedágio. Quarenta minutos ($\frac{2}{3}$ de hora) depois, nessa mesma estrada, o motorista do ônibus vê o automóvel ultrapassá-lo. Ele supõe, então, que o automóvel deva ter realizado, nesse período, uma parada com duração aproximada de:

a) 4 minutos.
b) 7 minutos.
c) 10 minutos.
d) 15 minutos.
e) 25 minutos.

Resolução:

Entre os dois encontros:

- o ônibus percorreu:
  $\Delta s = v_1\,\Delta t_1 = 75 \cdot \frac{2}{3} \Rightarrow \Delta s = 50\text{ km}$
- se não tivesse parado, o automóvel teria gastado um tempo Δt_2:
  $\Delta t_2 = \frac{\Delta s}{v_2} = \frac{50}{100} \Rightarrow \Delta t_2 = 0{,}5\text{ h} = 30\text{ min}$
- como se passaram 40 min, o automóvel gastou 10 min por causa da parada.

Resposta: c

23 As informações seguintes são resultados de testes feitos com um determinado automóvel:

Consumo em velocidades constantes		
Velocidade (km/h)	**Consumo** (km/L)	**Marcha usada**
40	14,44	5ª
60	13,12	5ª
80	10,84	5ª
100	8,63	5ª
120	7,33	5ª
40	12,83	4ª

Velocidade (km/h)	**Distância necessária para a freagem** (m)
40	8,40
60	18,70
80	32,30
100	50,15
120	70,60
60	44,80 (Freio de estacionamento ou freio de mão)

Suponha que esse automóvel percorra 90 km, com velocidade escalar constante, nas mesmas condições dos testes.

a) Quanto tempo gasta a 120 km/h?
b) Quanto tempo gasta a 100 km/h?
c) Qual é o volume de combustível consumido nos itens **a** e **b**?
d) Se o carro tivesse de frear repentinamente, quais seriam as distâncias necessárias correspondentes aos itens **a** e **b**?

Nota:

- As distâncias necessárias para a freagem parecem grandes demais porque os testes são feitos considerando o motorista em **pânico**: ele pisa no freio e na embreagem ao mesmo tempo.

Resolução:

a) $\Delta s = v\,t \Rightarrow 90 = 120t \Rightarrow t = \frac{3}{4}\text{ h} \Rightarrow \boxed{t = 45\text{ min}}$

b) $\Delta s = v\,t \Rightarrow 90 = 100t \Rightarrow t = \frac{9}{10}\text{ h} \Rightarrow \boxed{t = 54\text{ min}}$

c) **A 120 km/h:** $\frac{7{,}33\text{ km}}{1\text{ L}} = \frac{90\text{ km}}{x} \Rightarrow \boxed{x = 12{,}3\text{ L}}$

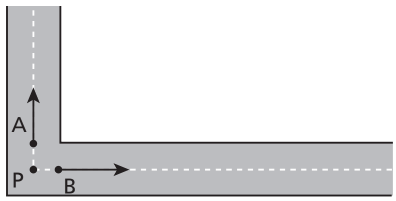
A 100 km/h: $\frac{8{,}63\text{ km}}{1\text{ L}} = \frac{90\text{ km}}{y} \Rightarrow \boxed{y = 10{,}4\text{ L}}$

d) **A 120 km/h:** $\boxed{70{,}60\text{ m}}$

A 100 km/h: $\boxed{50{,}15\text{ m}}$

Respostas: a) 45 min; b) 54 min; c) A 120 km/h: 12,3 L; a 100 km/h: 10,4 L; d) A 120 km/h: 70,60 m; a 100 km/h: 50,15 m

24 No instante $t_0 = 0$, duas partículas, **A** e **B**, passam pelo mesmo ponto **P**, seguindo trajetórias perpendiculares, com velocidades constantes e iguais, respectivamente, a 6 m/s e 8 m/s. Em que instante a distância entre elas será de 40 m?



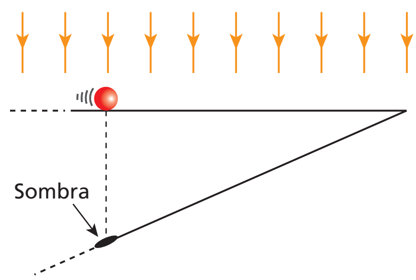
Resolução:

$\Delta s_A^2 + \Delta s_B^2 = 40^2$

$(6t)^2 + (8t)^2 = 40^2 \Rightarrow 100t^2 = 1\,600 \Rightarrow \boxed{t = 4\text{ s}}$

Resposta: 4 s

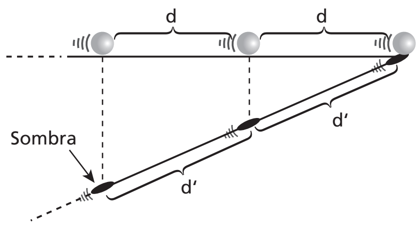
25 (Vunesp-SP) Uma bola desloca-se em trajetória retilínea, com velocidade constante, sobre um plano horizontal transparente. Com o Sol a pino, a sombra da bola é projetada verticalmente sobre um plano inclinado, como mostra a figura.



Nessas condições, a sombra desloca-se sobre o plano inclinado em:

a) movimento retilíneo uniforme, com velocidade de módulo igual ao da velocidade da bola.
b) movimento retilíneo uniforme, com velocidade de módulo menor que o da velocidade da bola.
c) movimento retilíneo uniforme, com velocidade de módulo maior que o da velocidade da bola.
d) movimento retilíneo uniformemente variado, com velocidade de módulo crescente.
e) movimento retilíneo uniformemente variado, com velocidade de módulo decrescente.

Resolução:
Em iguais intervalos de tempo, os deslocamentos da bola (**d**) são iguais, e os da sombra (**d'**) também. Entretanto, **d'** é maior que **d**:



Portanto, o movimento da sombra é retilíneo e uniforme, porém mais rápido que o da bola.

Resposta: c

26 O movimento de um carro que viaja a 100 km/h ao longo de uma estrada retilínea é observado por meio de um radar. Na tela do aparelho, o carro é caracterizado por um ponto que se desloca 36 cm enquanto o carro percorre 5,0 km. Qual a velocidade do ponto na tela do radar?

Resolução:
Num mesmo intervalo de tempo Δt, o carro percorre $\Delta s_c = 5{,}0$ km com velocidade $v_c = 100$ km/h e o ponto na tela do radar percorre $\Delta s_p = 36$ cm com velocidade v_p.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v} \Rightarrow \frac{\Delta s_c}{v_c} = \frac{\Delta s_p}{v_p}$$

$$\frac{5{,}0 \text{ km}}{100 \text{ km/h}} = \frac{36 \cdot 10^{-5} \text{ km}}{v_p}$$

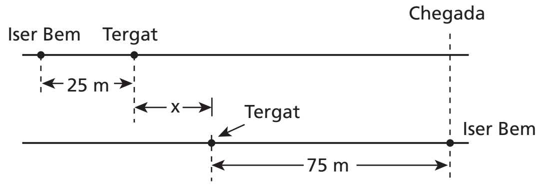
$$v_p = 7{,}2 \cdot 10^{-3} \text{ km/h} = 2{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$\boxed{v_p = 2{,}0 \text{ mm/s}}$$

Resposta: 2,0 mm/s

27 Em determinado instante da empolgante final da Corrida de São Silvestre, realizada em 31 de dezembro de 1997, o paranaense Emerson Iser Bem estava 25 m atrás do favorito, o queniano Paul Tergat, quando, numa reação espetacular, imprimiu uma velocidade escalar constante de 7,7 m/s, ultrapassando Tergat e vencendo a prova com uma vantagem de 75 m. Admitindo que a velocidade escalar de Tergat se manteve constante e igual a 5,2 m/s, calcule o intervalo de tempo decorrido desde o instante em que Iser Bem reagiu, imprimindo a velocidade escalar de 7,7 m/s, até o instante em que cruzou a linha de chegada.

Resolução:



Enquanto Tergat percorreu **x**, Iser Bem percorreu x + 100:

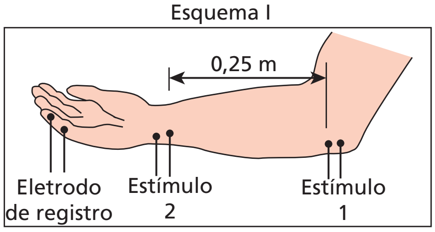
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \begin{cases} \text{Para Tergat:} \\ 5{,}2 = \dfrac{x}{\Delta t} \\ \text{Para Iser Bem:} \\ 7{,}7 = \dfrac{x + 100}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 40 \text{ s}}$$

Resposta: 40 s

28 (Uerj) A velocidade com que os nervos do braço transmitem impulsos elétricos pode ser medida, empregando-se eletrodos adequados, por meio da estimulação de diferentes pontos do braço e do registro das respostas a esses estímulos.

O esquema I, abaixo, ilustra uma forma de medir a velocidade de um impulso elétrico em um nervo motor, na qual o intervalo de tempo entre as respostas aos estímulos 1 e 2, aplicados simultaneamente, é igual a $4{,}0 \cdot 10^{-3}$s.

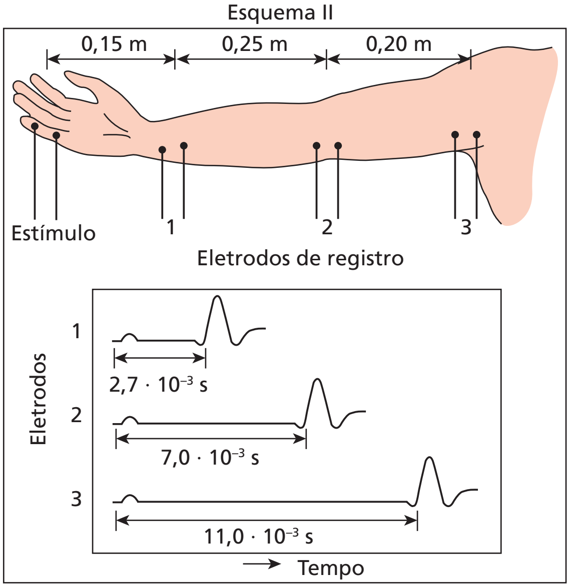
Esquema I



(**Adaptado de:** CAMERON, J. R. *et alii. Physics of the Body*. Madison: Medical Physics Publishing, 1999.)

O esquema II, a seguir, ilustra uma forma de medir a velocidade de um impulso elétrico em um nervo sensorial.

Esquema II



(**Adaptado de:** CAMERON, J. R. *et alii. Physics of the Body*. Madison: Medical Physics Publishing, 1999.)

Determine o módulo da velocidade de propagação do impulso elétrico:

a) no nervo motor, em km/h;

b) no nervo sensorial, em m/s, entre os eletrodos 2 e 3.

Resolução:

a) $\Delta s = v\,t$

$0{,}25 = v \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow v = 62{,}5\ \text{m/s}$

$\boxed{v = 225\ \text{km/h}}$

b) Entre os eletrodos de registro 2 e 3, temos:

$\Delta s = 0{,}20\ \text{m}$

$\Delta t = 11{,}0 \cdot 10^{-3} - 7{,}0 \cdot 10^{-3}\text{s} = 4{,}0 \cdot 10^{-3}\text{s}$

$\Delta s = v\,t \Rightarrow 0{,}20 = v \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-3}$

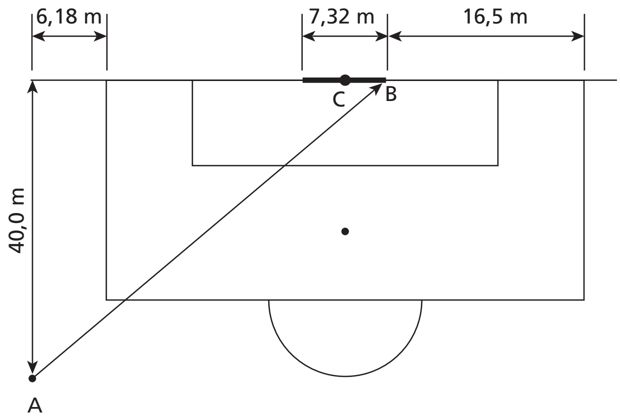
$\boxed{v = 50\ \text{m/s}}$

Respostas: a) 225 km/h; b) 50 m/s

29 (UFPR) Em uma partida de futebol, durante um lance normal, um jogador localizado no ponto **A** chuta uma bola rasteira com velocidade de 90 km/h em direção a um canto inferior da trave, conforme ilustrado na figura abaixo, que não está representada em escala. Suponha que a bola se desloque em linha reta e com velocidade constante.

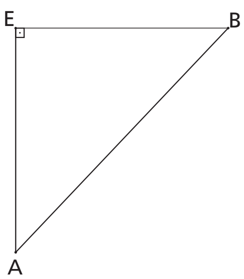
a) Calcule o tempo necessário, em segundos, para a bola atingir o ponto **B**.

b) Supondo que o goleiro esteja com as mãos próximas ao corpo e que, no instante do chute, ele esteja parado no centro da linha de gol (ponto **C**), calcule a velocidade média que suas mãos devem atingir, ao saltar em direção ao ponto **B**, de modo a desviar a bola para que não seja marcado o gol. Expresse a velocidade em km/h.



Resolução:

a)



• AE = 40,0 m

EB = 6,18 m + 16,5 m + 7,32 m = 30,0 m

AB = 50,0 m

• $\Delta s = v\,t$ 90 km/h = 25 m/s

$50{,}0 = 25\,t$

$\boxed{t = 2{,}0\ \text{s}}$

b) $v_M = \dfrac{CB}{\Delta t} = \dfrac{3{,}66}{2{,}0} \Rightarrow \boxed{v_M \simeq 6{,}6\ \text{km/h}}$

Respostas: a) 2,0 s; b) 6,6 km/h

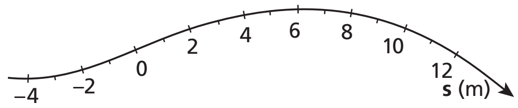
30 É dada a seguinte função horária do movimento uniforme de uma partícula:

$$s = 12 - 3t$$

com **s** em metros e **t** em segundos.

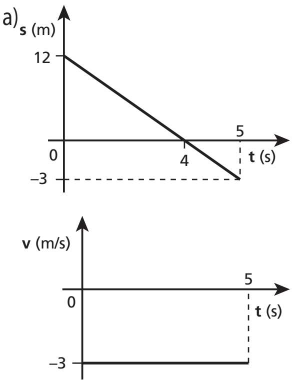
a) Represente graficamente o espaço e a velocidade escalar em função do tempo no intervalo de tempo de 0 a 5 s.

b) Suponha que a trajetória da partícula seja a seguinte:

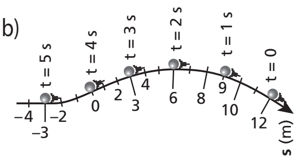


Copie essa trajetória, indicando a posição da partícula nos instantes 0, 1 s, 2 s, 3 s, 4 s e 5 s.

Respostas: a)

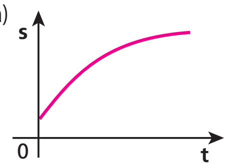


b)

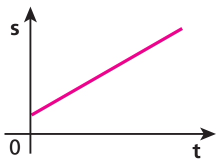


31 E.R. Para cada um dos gráficos seguintes, do espaço **s** em função do tempo **t**, verifique se o movimento é uniforme, acelerado ou retardado:

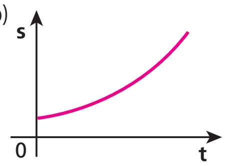
a)



c)

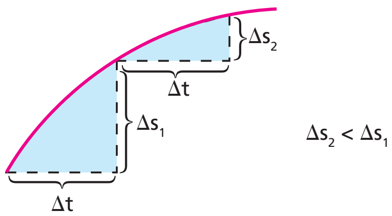


b)

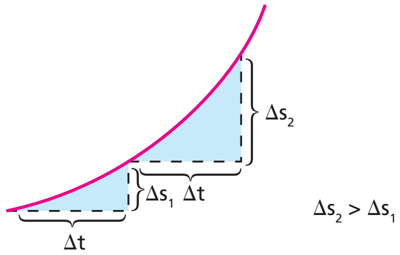


Resolução:

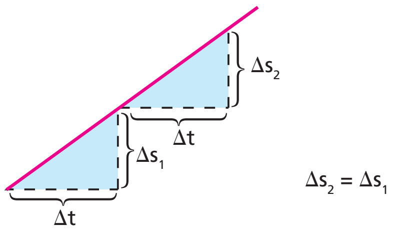
a) O movimento é **retardado**, porque, em iguais intervalos de tempo Δt, os deslocamentos Δs são cada vez menores: o módulo da velocidade escalar diminui com o passar do tempo.



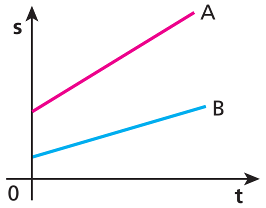
b) O movimento é **acelerado**, porque, em iguais intervalos de tempo Δt, os deslocamentos Δs são cada vez maiores: o módulo da velocidade escalar aumenta com o passar do tempo.



c) O movimento é **uniforme**, porque, em iguais intervalos de tempo Δt, os deslocamentos Δs também são iguais (e não-nulos): a velocidade escalar é constante e diferente de zero.



32 Considere os gráficos do espaço (**s**) em função do tempo (**t**) referentes aos movimentos de duas partículas **A** e **B**. As duas movem-se numa mesma trajetória orientada.



a) Compare os espaços iniciais de **A** e de **B**.
b) Compare as velocidades escalares de **A** e de **B**.
c) Em que sentido **A** e **B** se movem em relação à orientação da trajetória?

Resolução:

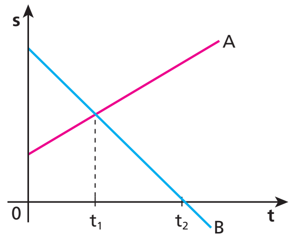
a) Dos gráficos: $\boxed{s_{0_A} > s_{0_B}}$

b) Num mesmo Δt, $\Delta s_A > \Delta s_B$. Então: $\boxed{v_A > v_B}$.

c) Como **s** cresce com **t**, tanto para **A** como para **B**, ambos se movem no sentido da trajetória.

Respostas: a) $s_{0_A} > s_{0_B}$; b) $v_A > v_B$; c) No mesmo sentido em que a trajetória está orientada.

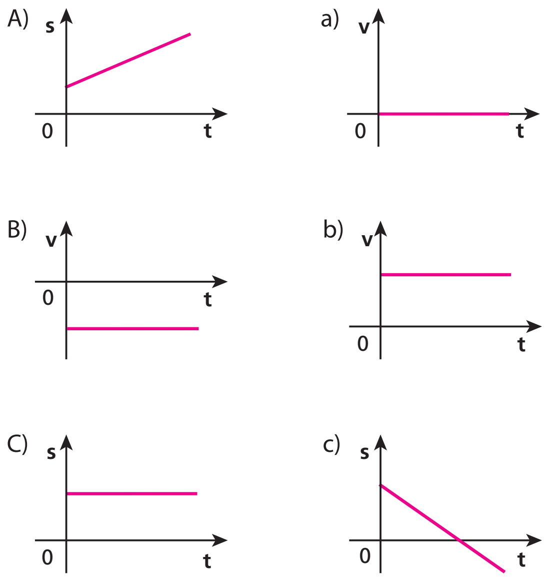
33 Consideremos os gráficos do espaço (**s**) em função do tempo (**t**) para dois corpos **A** e **B** que se movem na mesma trajetória orientada:



a) Em que sentido se movem **A** e **B** em relação à orientação da trajetória?
b) O que acontece no instante t_1?
c) Qual a posição de **B** no instante t_2?

Respostas: a) **A** move-se no sentido da trajetória, enquanto **B** se move em sentido contrário; b) **A** e **B** encontram-se; c) **B** está na origem dos espaços.

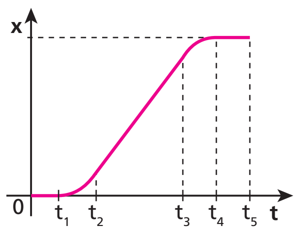
34 A cada gráfico da coluna da esquerda associe um gráfico compatível da coluna da direita (**s** = espaço, **v** = velocidade escalar, **t** = tempo):



Resolução:
Em **A**, **v** constante > 0 $\Rightarrow$ **b**
Em **B**, **v** constante < 0 $\Rightarrow$ **c**
Em **C**, **s** constante $\Rightarrow$ **v** constante = 0 $\Rightarrow$ **a**

Respostas: A – b; B – c; C – a.

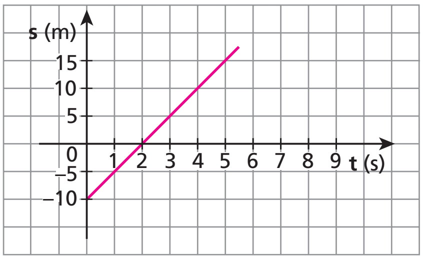
35 (Vunesp-SP) O gráfico na figura representa a posição **x** de um móvel, que se deslocou ao longo de uma linha reta, em função do tempo **t**.



A velocidade do móvel foi constante e diferente de zero durante o intervalo de tempo que vai do instante:
a) 0 ao t_1.
b) t_1 ao t_2.
c) t_2 ao t_3.
d) t_3 ao t_4.
e) t_4 ao t_5.

Resposta: c

36 E.R. O movimento uniforme de uma partícula tem sua função horária representada no diagrama a seguir.



Determine para esse movimento:

a) a forma da trajetória descrita pela partícula;
b) o espaço inicial e a velocidade escalar;
c) a função horária dos espaços.

Resolução:

a) A forma da trajetória descrita pela partícula está **indeterminada**, já que o gráfico do espaço em função do tempo nada informa a esse respeito.

b) O espaço inicial é lido diretamente no gráfico, em $t_0 = 0$:

$$\boxed{s_0 = -10\ \text{m}}$$

Para o cálculo da velocidade escalar (constante), devemos ler, no gráfico, os valores do espaço em dois instantes quaisquer. Por exemplo:

• Em $t_1 = 2\ \text{s} \Rightarrow s_1 = 0$;
• Em $t_2 = 4\ \text{s} \Rightarrow s_2 = 10\ \text{m}$.

Assim:

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 - 0}{4 - 2} \Rightarrow \boxed{v = 5\ \text{m/s}}$$

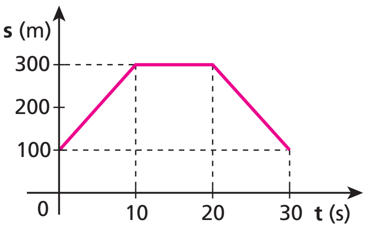
c) A função horária dos espaços num movimento uniforme é do tipo:

$$s = s_0 + v\,t$$

Assim, temos:

$$\boxed{s = -10 + 5t} \quad \text{(SI)}$$

37 É dado o gráfico s × t para o movimento de um ponto material:

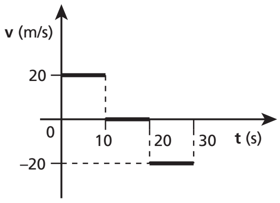


Represente graficamente a velocidade escalar do ponto material no intervalo de 0 a 30 s.

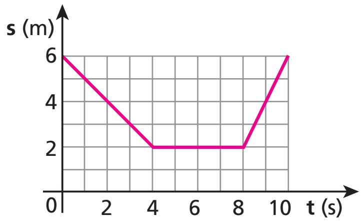
Resolução:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}\begin{cases} \bullet\ \text{De 0 a 10 s: } v = \dfrac{300 - 100}{10 - 0} \Rightarrow v = 20\ \text{m/s (constante)} \\ \bullet\ \text{De 10 s a 20 s: } v = \dfrac{300 - 300}{20 - 10} \Rightarrow v = 0\ \text{(constante)} \\ \bullet\ \text{De 20 s a 30 s: } v = \dfrac{100 - 300}{30 - 20} \Rightarrow v = -20\ \text{m/s (constante)} \end{cases}$$

Resposta:



38 A posição de um ponto material em função do tempo está representada graficamente a seguir:

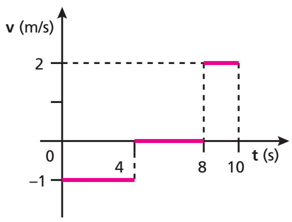


Trace o gráfico da velocidade escalar em função do tempo, de $t_0 = 0$ até $t = 10$ s.

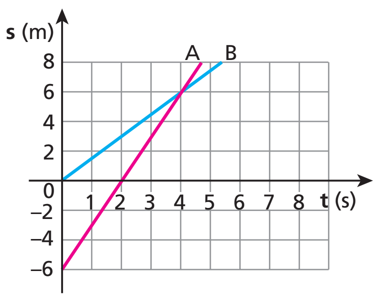
Resolução:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}\begin{cases} \bullet\ \text{De 0 a 4 s: } v = \dfrac{2 - 6}{4 - 0} \Rightarrow v = -1\ \text{m/s (constante)} \\ \bullet\ \text{De 4 s a 8 s: } v = \dfrac{2 - 2}{8 - 4} \Rightarrow v = 0\ \text{(constante)} \\ \bullet\ \text{De 8 s a 10 s: } v = \dfrac{6 - 2}{10 - 8} \Rightarrow v = -2\ \text{m/s (constante)} \end{cases}$$

Resposta:



39 Dois móveis, **A** e **B**, ao percorrerem a mesma trajetória, tiveram seus espaços variando com o tempo, conforme as representações gráficas a seguir:



Determine:

a) as funções horárias dos espaços de **A** e de **B**;
b) o instante e a posição correspondentes ao encontro dos móveis (por leitura direta nos gráficos e usando as funções horárias obtidas).

Resolução:

a) $\left.\begin{array}{l} s_{0_A} = -6\text{ m} \\ v_A = \dfrac{6-(-6)}{4-0} \Rightarrow v_A = 3\text{ m/s} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{s_A = -6 + 3t}$ (SI)

$\left.\begin{array}{l} s_{0_B} = 0 \\ v_B = \dfrac{6-0}{4-0} \Rightarrow v_B = 1{,}5\text{ m/s} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{s_B = 1{,}5\,t}$ (SI)

b) • Dos gráficos: $\boxed{t_e = 4\text{ s}}$ e $\boxed{s_A = s_B = 6\text{ m}}$

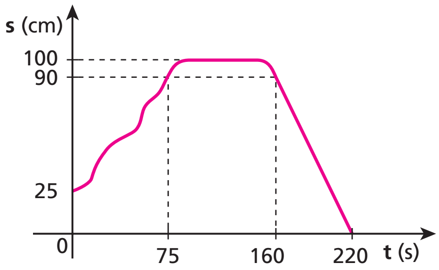
• Das equações:

$s_A = s_B \Rightarrow -6 + 3t_e = 1{,}5t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 4\text{ s}}$

$s_A = -6 + 3 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{s_A = s_B = 6\text{ m}}$

Respostas: a) $s_A = -6 + 3\,t$ (SI); $s_B = 1{,}5\,t$ (SI); b) 4 s e 6 m

40 Uma formiga move-se sobre uma fita métrica esticada e suas posições são dadas, em função do tempo, pelo gráfico abaixo:



Determine:

a) a distância percorrida pela formiga, de $t_0 = 0$ a $t = 220$ s;

b) a velocidade escalar da formiga no instante $t = 190$ s;

c) a velocidade escalar média da formiga entre $t_0 = 0$ e $t = 160$ s.

Resolução:

a) A formiga percorre 75 cm no sentido da trajetória (de 25 cm a 100 cm), fica em repouso durante algum tempo e, em seguida, percorre 100 cm em sentido oposto ao da trajetória (de 100 cm a 0 cm). Portanto, a distância percorrida de $t_0 = 0$ a $t = 220$ s é:

$\boxed{d = 175\text{ cm}}$

b) De $t = 160$ s até $t = 220$ s, o movimento é uniforme. Assim, a velocidade calculada nesse intervalo vale para todos os instantes dele, inclusive para $t = 190$ s:

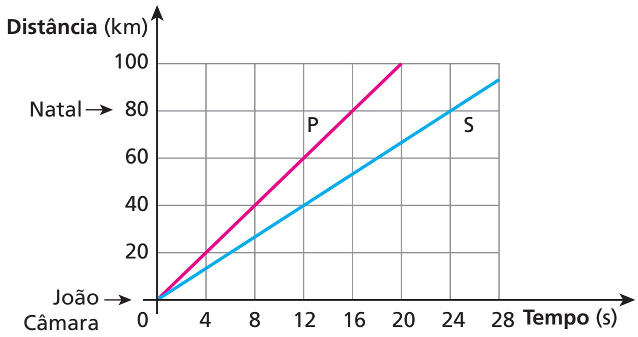
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0 - 90}{220 - 160} \Rightarrow \boxed{v = -1{,}5\text{ cm/s}}$$

c) $$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{90 - 25}{160 - 0} \Rightarrow \boxed{v_m = 0{,}41\text{ cm/s}}$$

Respostas: a) 175 cm; b) –1,5 cm/s; c) 0,41 cm/s

41 (UFRN) A cidade de João Câmara, a 80 km de Natal, no Rio Grande do Norte (RN), tem sido o epicentro (ponto da superfície terrestre atingido em primeiro lugar, e com mais intensidade, pelas ondas sísmicas) de alguns terremotos ocorridos nesse estado. O departamento de Física da UFRN tem um grupo de pesquisadores que trabalham na área de sismologia utilizando um sismógrafo instalado nas suas dependências para detecção de terremotos. Num terremoto, em geral, duas ondas, denominadas de primária (**P**) e secundária (**S**), percorrem o interior da Terra com velocidades diferentes.

Admita que as informações contidas no gráfico abaixo sejam referentes a um dos terremotos ocorridos no Rio Grande do Norte. Considere ainda que a origem dos eixos da figura seja coincidente com a posição da cidade de João Câmara.



Dados referentes às ondas **P** e **S**, associados a um terremoto ocorrido no Rio Grande do Norte.

Diante das informações contidas no gráfico, é correto afirmar que a onda mais rápida e a diferença de tempo de chegada das ondas **P** e **S** no sismógrafo da UFRN, em Natal, correspondem, respectivamente,

a) à onda **S** e 4 segundos.

b) à onda **P** e 8 segundos.

c) à onda **P** e 16 segundos.

d) à onda **S** e 24 segundos.

Resolução:

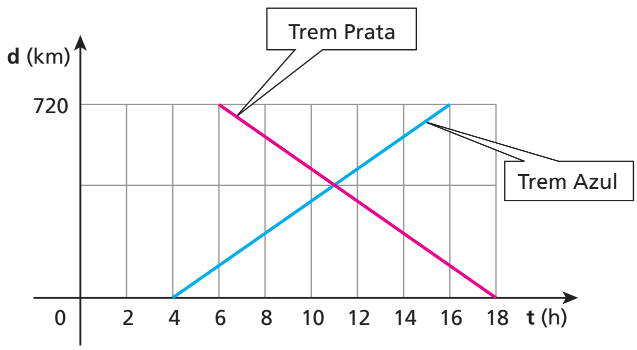
- A onda **P** é mais veloz, porque, num mesmo intervalo de tempo, percorre uma distância maior que a percorrida pela onda **S**.
- No gráfico, lemos que as ondas **P** e **S** atingem Natal nos instantes 16 s e 24 s respectivamente.

Portanto:

$\Delta t = 24\text{ s} - 16\text{ s} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 8\text{ s}}$

Resposta: b

42 (UFSC) Dois trens partem, em horários diferentes, de duas cidades situadas nas extremidades de uma ferrovia, deslocando-se em sentidos contrários. O trem Azul parte da cidade **A** com destino à cidade **B**, e o trem Prata, da cidade **B** com destino à cidade **A**. O gráfico representa as posições dos dois trens em função do horário, tendo como origem a cidade **A** (d = 0).



Considerando a situação descrita e as informações do gráfico, indique a(s) proposição(ões) **correta(s)**:

01. O tempo de percurso do trem Prata é de 18 horas.
02. Os dois trens gastam o mesmo tempo no percurso: 12 horas.
04. A velocidade média dos trens é de 60 km/h, em valor absoluto.
08. O trem Azul partiu às 4 horas da cidade **A**.
16. A distância entre as duas cidades é de 720 km.
32. Os dois trens se encontraram às 11 horas.

Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Resolução:

01. **Incorreta**: $\Delta t_P = 18\text{ h} - 6\text{ h} = 12\text{ h}$.

02. **Correta**: $\Delta t_A = 16\text{ h} - 4\text{ h} = 12\text{ h} = \Delta t_P$.

04. **Correta**: $|v_{m_P}| = \dfrac{720\text{ km}}{12\text{ h}} = 60\text{ km/h}$

$$|v_{m_A}| = \frac{720\text{ km}}{12\text{ h}} = 60\text{ km/h}$$

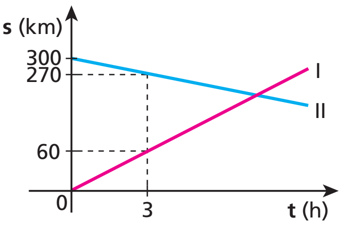
08. **Correta**.

16. **Correta**.

32. **Correta**.

Resposta: 62

43 Dois tratores, **I** e **II**, percorrem a mesma rodovia e suas posições variam com o tempo, conforme o gráfico a seguir:



Determine o instante do encontro desses veículos.

Resolução:

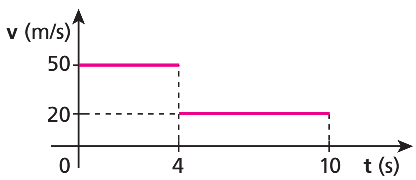
• **Trator I**: $\left.\begin{array}{l} s_0 = 0 \\ v = \dfrac{60 - 0}{3 - 0} \Rightarrow v = 20\text{ km/h} \end{array}\right\} \Rightarrow s_I = 20t$

• **Trator II**: $\left.\begin{array}{l} s_0 = 300\text{ km} \\ v = \dfrac{270 - 300}{3 - 0} \Rightarrow v = 10\text{ km/h} \end{array}\right\} \Rightarrow s_{II} = 300 - 10t$

• $\mathbf{s_I = s_{II}}$: $20t_e = 300 - 10t_e \Rightarrow 30t_e = 300 \Rightarrow \boxed{t_e = 10\text{h}}$

Resposta: 10h

44 Uma partícula em movimento obedece ao gráfico a seguir:



a) Calcule a velocidade escalar média entre $t_0 = 0$ e $t = 10$ s.

b) Represente graficamente o espaço em função do tempo, supondo que em $t_0 = 0$ a partícula encontrava-se na origem dos espaços.

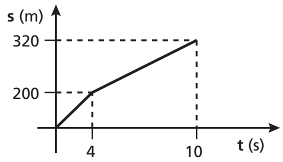
c) É possível realizar, em termos práticos, o que o gráfico dado representa?

Resolução:

a) $\Delta s = \text{"área"} \Rightarrow \Delta s = 4 \cdot 50 + 6 \cdot 20 \Rightarrow \Delta s = 320\text{ m}$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{320}{10} \Rightarrow \boxed{v_m = 32\text{ m/s}}$$

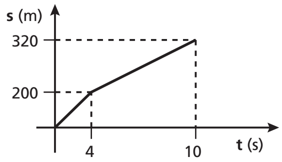
b)



c) Não. O valor da velocidade não pode saltar instantaneamente de 50 m/s para 20 m/s. Consequentemente, o gráfico **s** × **t** não pode ter "quinas", como a observada em t = 4 s. Apesar disso, gráficos assim aparecem em livros (como neste), vestibulares e olimpíadas de Física.

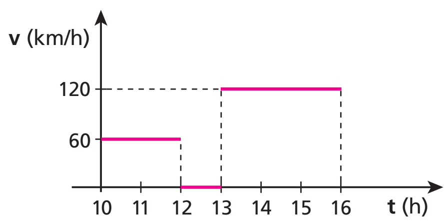
Resposta: a) 32 m/s

b)



c) Não é possível, pois a velocidade não pode variar instantaneamente, como está representado em t = 4 s.

45 Das 10 h às 16 h, a velocidade escalar de um automóvel variou com o tempo. O gráfico a seguir mostra a variação aproximada da velocidade em função do tempo:



Calcule a velocidade escalar média do automóvel nesse intervalo de tempo.

Resolução:

$\Delta s = \text{"área"}$

$$\Delta s = 2 \cdot 60 + 3 \cdot 120 \Rightarrow \Delta s = 480\text{ km}$$

$$\Delta t = 6\text{h}$$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{480}{6} \Rightarrow \boxed{v_m = 80\text{ km/h}}$$

Nota:

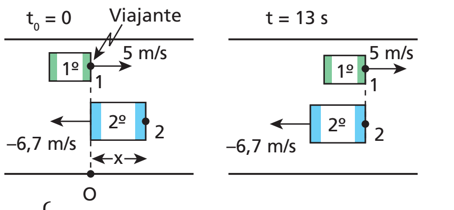
• Frequentemente, encontramos alunos que acham estranho levar em conta o tempo em que o automóvel ficou parado. É preciso entender que o fato de o veículo ter ficado parado faz com que diminua o número de quilômetros percorridos em média, em cada hora. Isso é análogo ao cálculo da média anual em determinada disciplina: se o aluno ficou com zero em certo bimestre, isso faz com que o número médio de pontos durante o ano fique menor. Esse zero não é ignorado!

Resposta: 80 km/h

46 (Puccamp-SP) Dois trens trafegam em sentidos contrários com movimentos uniformes, com o primeiro a 18 km/h e o segundo a 24 km/h. Um viajante acomodado no primeiro observa que o segundo trem leva 13 segundos para passar por ele. Calcule o comprimento do segundo trem.

Resolução:

18 km/h = 5 m/s   24 km/h ≃ 6,7 m/s



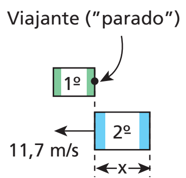
$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} s_1 = 5t \\ s_2 = x - 6{,}7t \end{cases}$$

Em t = 13 s, $s_1 = s_2$:

$$5 \cdot 13 = x - 6{,}7 \cdot 13 \Rightarrow \boxed{x = 152\text{ m}}$$

Nota:

- A resolução dessa questão é simplificada estudando-se o movimento relativo entre os dois trens. Isso equivale a admitir, por exemplo, um referencial no 1º trem. Com isso, a velocidade escalar do 2º trem é de 11,7 m/s (5 m/s + 6,7 m/s), em módulo:



$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 11{,}7 = \frac{x}{13} \Rightarrow \boxed{x = 152\text{ m}}$$

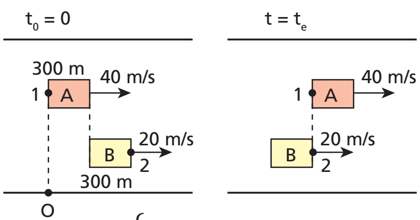
Resposta: 152 m

47 Dois trens, **A** e **B**, de 300 metros de comprimento cada um, deslocam-se em linhas paralelas com velocidades escalares constantes de módulos respectivamente iguais a 40 m/s e 20 m/s. Determine o intervalo de tempo decorrido e a distância percorrida pelo trem **A**:

a) enquanto ultrapassa **B**, movendo-se no mesmo sentido que **B**;
b) enquanto se cruza com **B**, movendo-se em sentidos opostos.

Resolução:

a)

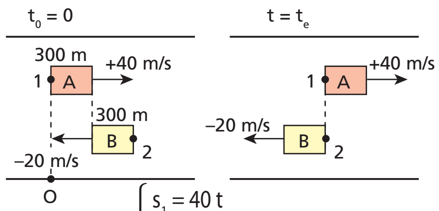


$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} s_1 = 40\,t \\ s_2 = 600 + 20\,t \end{cases}$$

$$40t_e = 600 + 20\,t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 30\text{ s}}$$

$$s_1 = 40\,t_e = 40 \cdot 30 \Rightarrow \boxed{s_1 = 1\,200\text{ m}}$$

b)



$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} s_1 = 40\,t \\ s_2 = 600 - 20\,t \end{cases}$$

$$40\,t_e = 600 - 20\,t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 10\text{ s}}$$

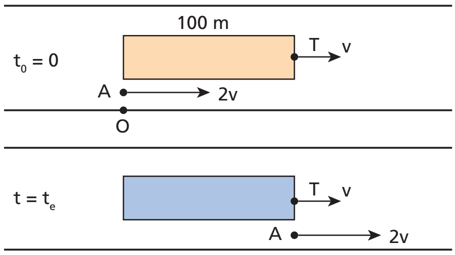
$$s_1 = 40\,t_e = 40 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{s_1 = 400\text{ m}}$$

É interessante e prático resolver essa questão estudando o movimento relativo entre os trens.

Respostas: a) 30 s e 1200 m; b) 10 s e 400 m

48 (ITA-SP) Um trem e um automóvel caminham paralelamente e no mesmo sentido, num trecho retilíneo. Os seus movimentos são uniformes e a velocidade do automóvel é o dobro da velocidade do trem. Supondo desprezível o comprimento do automóvel e sabendo que o comprimento do trem é de 100 m, qual é a distância percorrida pelo automóvel desde o instante em que alcança o trem até o término da ultrapassagem?

Resolução:



$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} s_A = 2v\,t \\ s_T = 100 + v\,t \end{cases}$$

$$2v\,t_e = 100 + v\,t_e \Rightarrow t_e = \frac{100}{v}$$

$$s_A = 2v\,t_e = 2v\,\frac{100}{v} \Rightarrow \boxed{s_A = 200\text{ m}}$$

Resposta: 200 m

49 (Cesgranrio-RJ) Uma cena, filmada originalmente a uma velocidade de 40 quadros por segundo, é projetada em "câmara lenta" a uma velocidade de 24 quadros por segundo. A projeção dura 1,0 minuto. Qual a duração real da cena filmada?

Resolução:

Calculamos, inicialmente, o número **n** de quadros projetados durante 1,0 minuto (60 s):

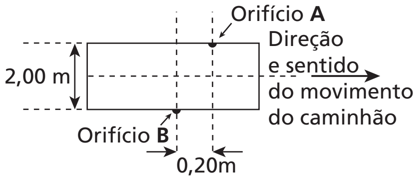
$$\left.\begin{array}{l} 24\text{ quadros} \text{ ——— } 1{,}0\text{ s} \\ n \text{ ——— } 60\text{ s} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{n = 1\,440\text{ quadros}}$$

Determinamos, agora, a duração real Δt da cena filmada:

$$\left.\begin{array}{l} 40\text{ quadros} \text{ ——— } 1{,}0\text{ s} \\ 1\,440\text{ quadros} \text{ ——— } \Delta t \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 36\text{ segundos}}$$

Resposta: 36 s

50 (Vunesp-SP) Uma caixa de papelão vazia, transportada na carroceria de um caminhão que trafega a 90 km/h num trecho reto de uma estrada, é atravessada por uma bala perdida. A largura da caixa é de 2,00 m, e a distância entre as retas perpendiculares às duas laterais perfuradas da caixa e que passam, respectivamente, pelos orifícios de entrada e de saída da bala (ambos na mesma altura) é de 0,20 m.



Caixa vista de cima

a) Supondo que a direção do disparo seja perpendicular às laterais perfuradas da caixa e ao deslocamento do caminhão e que o atirador estivesse parado na estrada, determine a velocidade da bala.
b) Supondo, ainda, que o caminhão se desloque para a direita, determine qual dos orifícios, **A** ou **B**, é o de entrada.

Resolução:

a) 90 km/h = 25 m/s

Enquanto o caminhão percorre Δs_c = 0,20 m com velocidade v_c = 25 m/s, a bala percorre Δs_b = 2,00 m com velocidade v_b.

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} \Rightarrow \frac{\Delta s_c}{v_c} = \frac{\Delta s_b}{v_b} \Rightarrow \frac{0{,}20}{25} = \frac{2{,}00}{v_b}$$

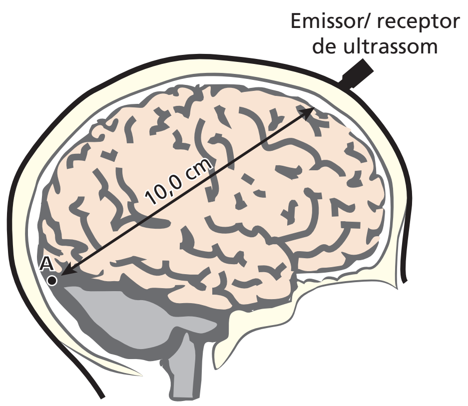
$$\boxed{v_b = 250 \text{ m/s}}$$

b) **A**.

Respostas: a) 250 m/s; b) **A**

51 (Uerj) Uma pessoa, movendo-se a uma velocidade de módulo 1,0 m/s, bateu com a cabeça em um obstáculo fixo e foi submetida a uma ecoencefalografia. Nesse exame, um emissor/receptor de ultrassom é posicionado sobre a região a ser investigada. A existência de uma lesão pode ser verificada por meio da detecção do sinal de ultrassom que ela reflete.

Observe, na figura abaixo, que a região de tecido encefálico a ser investigada no exame é limitada por ossos do crânio. Sobre um ponto do crânio, apoia-se o emissor/receptor de ultrassom.



(**Adaptado de:** *The Macmillan visual dictionary.* New York: Macmillan Publishing Company, 1992.)

a) Suponha a não-existência de qualquer tipo de lesão no interior da massa encefálica. Determine o tempo gasto para registrar o eco proveniente do ponto **A** da figura.
b) Suponha, agora, a existência de uma lesão. Sabendo-se que o tempo gasto para o registro do eco foi de $5{,}0 \cdot 10^{-5}$ s, calcule a distância do ponto lesionado até o ponto **A**.

Dados:
1) Módulos da velocidade do som no tecido encefálico: $1{,}6 \cdot 10^3$ m/s.
2) Espessura do osso da caixa craniana: 1,0 cm.
3) Módulo da velocidade do som nos ossos: $\frac{10}{3} \cdot 10^3$ m/s.

Resolução:

a) Do emissor até **A**, temos:

- $\Delta s_{osso} = v_{osso}\, t_{osso} \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^{-2} = \frac{10}{3} \cdot 10^3\, t_{osso} \Rightarrow$
  $\Rightarrow t_{osso} = 3{,}0 \cdot 10^{-6}$ s
- $\Delta s_{tec.\,enc.} = v_{tec.\,enc}\, t_{tec.\,enc} \Rightarrow 10{,}0 \cdot 10^{-2} = 1{,}6 \cdot 10^3\, t_{tec.\,enc.} \Rightarrow$
  $\Rightarrow t_{tec.\,enc.} = 6{,}25 \cdot 10^{-5}$ s
- Sendo **T** o tempo pedido:

$$T = 2\,t_{osso} + 2\,t_{tec.\,enc} \Rightarrow \boxed{T = 1{,}3 \cdot 10^{-4} \text{ s}}$$

b) • $T' = 5{,}0 \cdot 10^{-5}$ s

$T' = 2\,t_{osso} + 2\,t'_{tec.\,enc.}$

$5{,}0 \cdot 10^{-5} = 6{,}0 \cdot 10^{-6} + 2\,t'_{tec.\,enc.} \Rightarrow t'_{tec.\,enc.} = 2{,}2 \cdot 10^{-5}$ s

$t'_{tec.\,enc.} = \frac{\Delta s_{tec.\,enc.}}{v_{tec.\,enc.}} \Rightarrow \Delta s_{tec.\,enc.} = 2{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot 1{,}6 \cdot 10^3$

$\Delta s_{tec.\,enc.} = 3{,}5$ cm

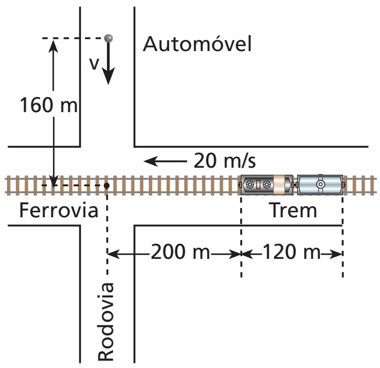
- Sendo **d** a distância pedida:

$$d = 10{,}0 \text{ cm} - 3{,}5 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{d = 6{,}5 \text{ cm}}$$

Respostas: a) $1{,}3 \cdot 10^{-4}$/s; b) 6,5 cm

52 O motorista de um automóvel, moço muito distraído, dirige seu veículo com velocidade constante **v** pela rodovia representada na figura.

Um trem de 120 m de comprimento, com velocidade constante de 20 m/s, move-se pela ferrovia, que cruza com a rodovia sem nenhuma sinalização. Em determinado instante, o automóvel e o trem estão nas posições indicadas. Para que valores da velocidade **v** do automóvel não haverá acidente? Considere o automóvel um ponto material.



Resolução:

O trem chega ao cruzamento em 10 s e termina a passagem por esse ponto em 16 s. Para não haver acidente, o automóvel deve chegar ao cruzamento em $\Delta t \leqslant 10$ s ou em $\Delta t \geqslant 16$ s.

Para o automóvel: $\Delta t = \frac{\Delta s}{v} \Rightarrow \Delta t = \frac{160}{v}$

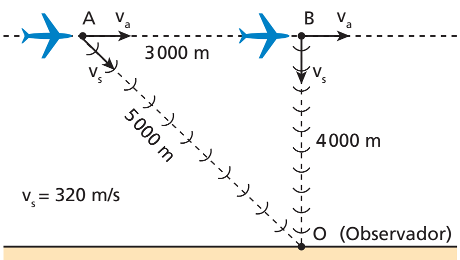
$\Delta t \leqslant 10\ s \Rightarrow \dfrac{160}{v} \leqslant 10 \Rightarrow \boxed{v \geqslant 16\ m/s}$

ou $\Delta t \geqslant 16\ s \Rightarrow \dfrac{160}{v} \geqslant 16 \Rightarrow \boxed{v \leqslant 10\ m/s}$

Respostas: $v \geqslant 16$ m/s ou $v \leqslant 10$ m/s

53 (ITA-SP) Um avião voando horizontalmente a 4 000 m de altura numa trajetória retilínea com velocidade constante passou por um ponto **A** e depois por um ponto **B** situado a 3 000 m do primeiro. Um observador no solo, parado no ponto verticalmente abaixo de **B**, começou a ouvir o som do avião, emitido em **A**, 4,00 segundos antes de ouvir o som proveniente de **B**. Se a velocidade do som no ar era de 320 m/s, qual era a velocidade do avião?

Resolução:



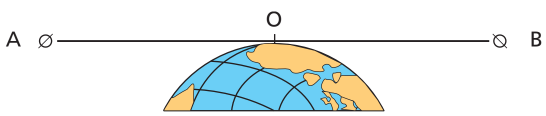
$\Delta t_{avião_{AB}} + \Delta t_{som_{BO}} = \Delta t_{som_{AO}} + 4$

$\Delta t = \dfrac{\Delta s}{v} : \dfrac{3000}{v_a} + \dfrac{4000}{320} = \dfrac{5000}{320} + 4$

$\boxed{v_a = 421\ m/s}$

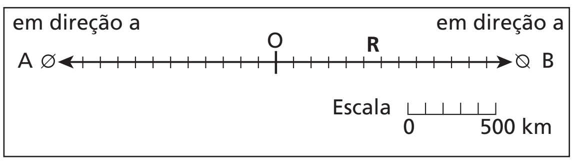
Resposta: 421 m/s

54 (Fuvest-SP) O Sistema GPS (*Global Positioning System*) permite localizar um receptor especial, em qualquer lugar da Terra, por meio de sinais emitidos por satélites. Numa situação particular, dois satélites, **A** e **B**, estão alinhados sobre uma reta que tangencia a superfície da Terra no ponto **O** e encontram-se à mesma distância de **O**. O protótipo de um novo avião, com um receptor **R**, encontra-se em algum lugar dessa reta e seu piloto deseja localizar sua própria posição.

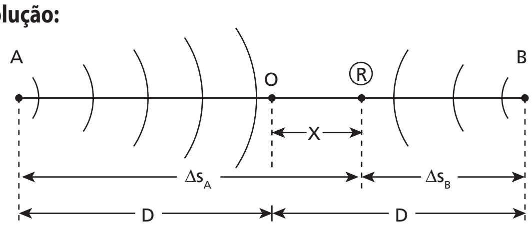


Os intervalos de tempo entre a emissão dos sinais pelos satélites **A** e **B** e sua recepção por **R** são, respectivamente, $\Delta t_A = 68{,}5 \cdot 10^{-3}$ s e $\Delta t_B = 64{,}8 \cdot 10^{-3}$ s. Desprezando possíveis efeitos atmosféricos e considerando a velocidade de propagação dos sinais como igual à velocidade **c** da luz no vácuo, determine:

a) A distância **D**, em km, entre cada satélite e o ponto **O**.
b) A distância **X**, em km, entre o receptor **R**, no avião, e o ponto **O**.
c) A posição do avião, identificada pela letra **R** no esquema a seguir:



Resolução:



$\Delta t_A = 68{,}5 \cdot 10^{-3}$ s $\quad \Delta t_B = 64{,}8 \cdot 10^{-3}$ s $\quad c = 300\,000$ km/s

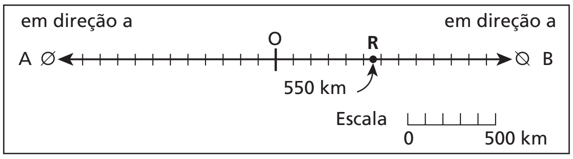
a) $\Delta s_A = c\ \Delta t_A = 300\,000\ km/s \cdot 68{,}5 \cdot 10^{-3}\ s$
$\Delta s_A = 20\,550\ km$
$\Delta s_B = c\ \Delta t_B = 300\,000\ km/s \cdot 64{,}8 \cdot 10^{-3}\ s$
$\Delta s_B = 19\,440\ km$
$\Delta s_A + \Delta s_B = 2\ D \Rightarrow 39\,990 = 2\ D$

$\boxed{D = 19\,995\ km}$

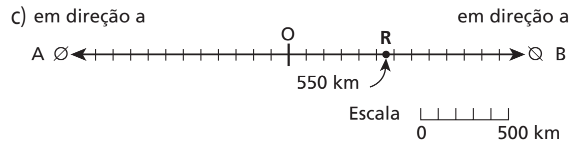
b) $x = \Delta s_A - D = 20\,550 - 19\,995$

$\boxed{x = 555\ km}$

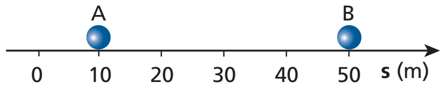
c)



Respostas: a) 19 995 km; b) 555 km;
c)



55 Considere as partículas **A** e **B** nas posições indicadas na figura a seguir:



Em determinado instante, considerado origem dos tempos ($t_0 = 0$), a partícula **B** passa a mover-se com velocidade escalar constante igual a 20 m/s, no sentido da trajetória. Três segundos após a partida de **B**, a partícula **A** também entra em movimento no sentido da trajetória, com velocidade escalar constante e igual a 40 m/s. Em relação à origem dos tempos dada no enunciado, determine:

a) as funções horárias dos espaços de **A** e de **B**;
b) o instante em que **A** alcança **B**.

Resolução:

a) Observando que o tempo **t** que comparece na função horária é o tempo durante o qual a partícula se moveu, temos:

$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} \boxed{s_B = 50 + 20\,t} & \text{(SI)} \\ s_A = 10 + 40\,(t - 3) & \\ \boxed{s_A = -110 + 40\,t} & \text{(SI)} \end{cases}$$

b) $50 + 20\,t_e = -110 + 40\,t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 8\ s}$

Respostas: a) $s_B = 50 + 20\,t$ (SI); $s_A = -110 + 40\,t$ (SI); b) 8 s

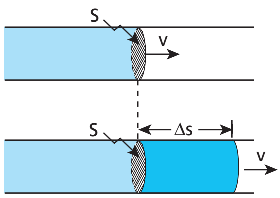
56 (UFPA) Considere duas regiões distintas do leito de um rio: uma larga **A**, com 200 m^2 de área na secção transversal, onde a velocidade da água é de 1,0 m/s; outra estreita **B**, com 40 m^2 de área na secção transversal. Calcule:

a) a vazão volumétrica do rio em m^3/s;
b) a velocidade da água do rio, em m/s, na região estreita **B**.

Resolução:
Vamos considerar um tubo cilíndrico, cuja seção transversal tem área **S**. Esse tubo está cheio de água, que escoa através dele com velocidade escalar constante **v**. A vazão volumétrica (**Z**) do tubo é o volume (**V**) de água que atravessa uma seção transversal por unidade de tempo:

No instante **t**:

No instante **t** + Δ**t**:



$$Z = \frac{V}{\Delta t} = \frac{S\,\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{Z = S\,v}$$

a) Para $S_A = 200\ m^2$ e $v_A = 1{,}0$ m/s, temos:

$$Z = S_A\, v_A = 200 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{Z = 200\ m^3/s}$$

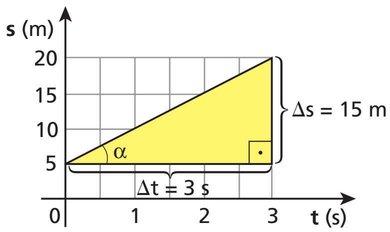
b) A vazão volumétrica é a mesma em qualquer seção do rio:

$$S_A\, v_A = S_B\, v_B$$

$$200 \cdot 1{,}0 = 40\ v_B \Rightarrow \boxed{v_B = 5{,}0\ m/s}$$

Respostas: a) 200 m^3/s; b) 5,0 m/s

57 Uma partícula em movimento uniforme sofre uma variação de espaço Δs = 15 m num intervalo de tempo Δt = 3 s, como mostra o gráfico:



No triângulo retângulo destacado, Δs está representado pelo cateto oposto ao ângulo α, enquanto Δt está representado pelo cateto adjacente a α. Por ser a velocidade escalar dada por $\frac{\Delta s}{\Delta t}$, é muito comum dizer que ela é igual à tangente trigonométrica de α (cateto oposto a α dividido pelo cateto adjacente a α).

a) A velocidade escalar é igual à tangente trigonométrica de α?
b) A velocidade escalar e a tangente trigonométrica de α têm o mesmo valor numérico?

Resolução:

a) A velocidade escalar jamais poderia ser igual à tangente trigonométrica de α, pois a velocidade tem uma unidade física de medida (m/s, no caso), enquanto a tangente é um número puro, ou seja, adimensional.
b) Também não. Observe que:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{15\ m}{3\ s} \Rightarrow v = 5\ m/s$$

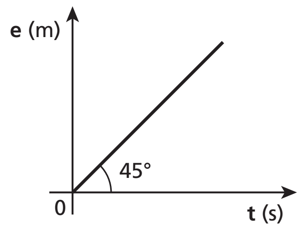
A tangente de α, no entanto, é o quociente do **comprimento** do cateto oposto a α pelo **comprimento** do cateto adjacente a α:

$$\text{tg}\ \alpha = \frac{3 \text{ unidades de comprimento}}{6 \text{ unidades de comprimento}} = \frac{1}{2}$$

A coincidência numérica só aconteceria se os segmentos representativos das unidades de **s** e de **t** tivessem a mesma medida.

Respostas: a) Não. b) Não.

58 (ITA-SP) Um estudante observou o movimento de um móvel durante certo tempo. Verificou que o móvel descrevia um movimento retilíneo e anotou os valores de espaço (**e**) e de tempo (**t**) correspondentes, construindo o gráfico da figura a seguir.



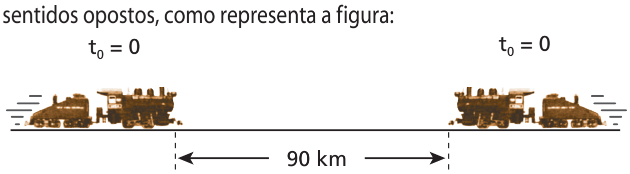
Pode-se afirmar que:

a) a velocidade do móvel é constante e vale 1,0 $m \cdot s^{-1}$, tendo em vista que o ângulo que a reta faz com o eixo dos tempos é de 45°.
b) a velocidade do móvel é constante e vale $\frac{1}{\sqrt{2}}\ m \cdot s^{-1}$.
c) a velocidade do móvel é constante e vale aproximadamente 1,4 $m \cdot s^{-1}$.
d) faltam dados para calcular a velocidade do móvel.
e) a aceleração e a velocidade do móvel estão indeterminadas.

Resolução:
Como o espaço **e** é função do primeiro grau em **t**, o movimento é **uniforme**. Assim, a velocidade escalar do móvel é constante e diferente de zero. Entretanto, não é correto afirmar que essa velocidade é numericamente igual à tangente de 45° (1), como esclarece o exercício 57.
Quanto à aceleração, escalar ou vetorial, podemos garantir que é nula, pois o movimento é uniforme e, além disso, o enunciado afirma que ele é **retilíneo**.
Assim, faltam dados para calcular a velocidade do móvel.

Resposta: d

59 Dois trens movem-se nos mesmos trilhos, ambos a 45 km/h, em sentidos opostos, como representa a figura:



No instante $t_0 = 0$, correspondente à situação da figura, uma supermosca passa a voar em linha reta entre os trens, fazendo um vaivém de um ao outro até ser esmagada.
Admitindo que ela voe com velocidade de módulo constante e igual a 120 km/h, determine:

a) o instante em que os trens colidem;
b) a distância total percorrida pela supermosca desde $t_0 = 0$ até ser esmagada.

Resolução:

a) Como cada trem viaja a 45 km/h, concluímos, de imediato, que eles se aproximam 90 km em 1h.
Portanto, o instante da colisão é t = 1 h.

b) Se a supermosca sempre esteve a 120 km/h, em 1 h ela percorreu uma distância igual a 120 km.

Respostas: a) t = 1 h; b) 120 km

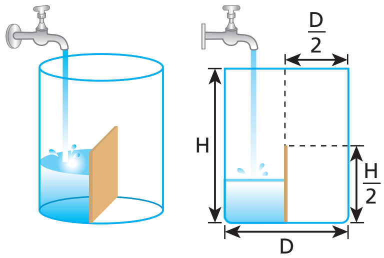
60 Um automóvel, em movimento uniforme por uma rodovia, passou pelo km AB às 4 horas, pelo km BA às 5 horas e pelo km AOB às 6 horas. Determine a velocidade escalar do automóvel.
(**A** e **B** são algarismos desconhecidos e **O** é o zero.)

Resolução:
Temos que:
AB = 10A + B
BA = 10B + A
A0B = 100A + B
Então, como o movimento é uniforme:
A0B – BA = BA – AB
(100A + B) – (10B + A) = (10B + A) – (10A + B)
99A – 9B = 9B – 9A
B = 6A
Para A = 1 : B = 6
Para A = 2 : B = 12 (não serve)
Portanto:
km AB = km 16
km BA = km 61
km A0B = km 106
Em cada hora, Δs = 45 km. Então:

$\boxed{v = 45 \text{ km/h}}$

Resposta: 45 km/h

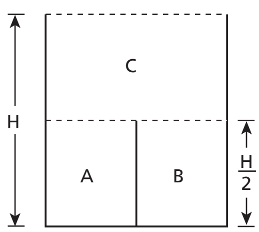
61 Considere um frasco cilíndrico de diâmetro **D** e altura **H** e uma placa retangular impermeável de base **D** e altura $\frac{H}{2}$, perfeitamente encaixada e assentada no fundo do frasco, conforme ilustram as figuras:



Perspectiva Perfil

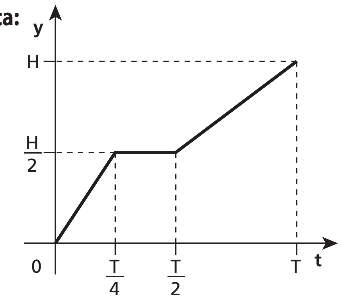
Uma torneira despeja água dentro do frasco, vazio no instante $t_0 = 0$, com vazão rigorosamente constante.
Sendo **y** a maior altura da superfície livre da água em relação à base do frasco e **t** o tempo, trace o gráfico de **y** em função de **t** desde $t_0 = 0$ até t = T (frasco totalmente cheio).

Resolução:



A capacidade da região **A** é igual a $\frac{1}{4}$ da capacidade total do frasco. Assim, sendo **T** o instante em que o frasco fica completamente cheio, a região **A** estará cheia no instante $\frac{T}{4}$. Como as capacidades das regiões **A** e **B** são iguais, a região **B** estará cheia no instante $\frac{2T}{4}$, ou seja, no instante $\frac{T}{2}$. Note que o nível da água permanece constante em $y = \frac{H}{2}$, enquanto **B** é enchida. A capacidade da região **C** é o dobro das de **A** e **B**.
Então, essa região estará cheia no instante $\frac{4T}{4}$, ou seja, no instante **T**.

Resposta:

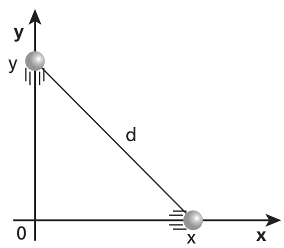


62 Dois móveis percorrem trajetórias perpendiculares, seguindo os eixos Ox e Oy, de acordo com as equações:

$x = 5 + 8t$ (SI) $\qquad y = -3 + 2t$ (SI)

válidas tanto antes como depois de t = 0. Determine o instante em que a distância entre os móveis é mínima.

Resolução:



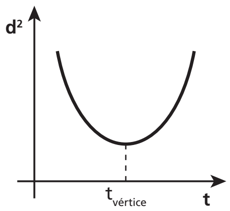
$d^2 = x^2 + y^2$

$d^2 = (5 + 8t)^2 + (-3 + 2t)^2$

$d^2 = \underbrace{68}_{a} t^2 + \underbrace{68}_{b} t + \underbrace{34}_{c}$

$t_{vértice} = \frac{-b}{2a} = \frac{-68}{2 \cdot 68}$

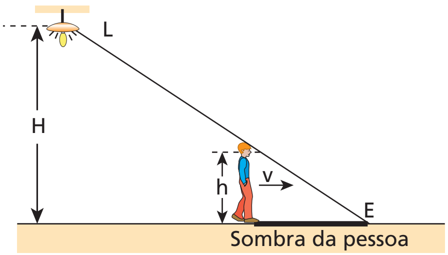
$\boxed{t_{vértice} = -0{,}5 \text{ s}}$



Observe que, se d^2 é mínimo, **d** também o é.

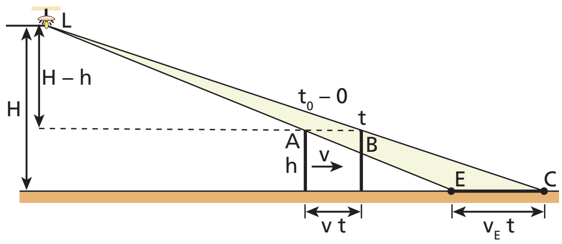
Resposta: – 0,5 s

63 À noite, numa quadra esportiva, uma pessoa de altura **h** caminha em movimento retilíneo e uniforme com velocidade escalar **v**. Apenas uma lâmpada **L**, que pode ser considerada uma fonte luminosa puntiforme e que se encontra a uma altura **H** do piso, está acesa.



Determine, em função de **H**, **h** e **v**, a velocidade escalar média $\mathbf{v_E}$ da extremidade **E** da sombra da pessoa projetada no chão.

Resolução:



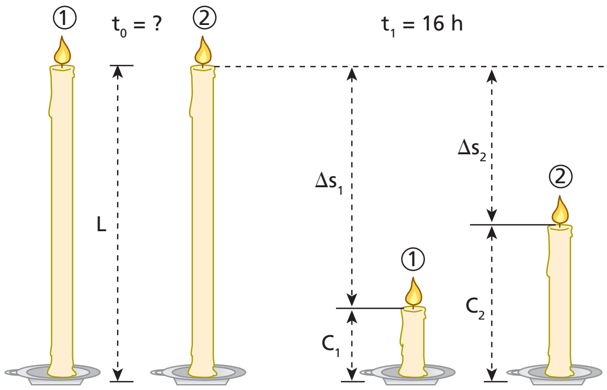
Da semelhança dos triângulos LAB e LEC, temos:

$$\frac{H}{EC} = \frac{H-h}{AB} \Rightarrow \frac{H}{v_E\,t} = \frac{H-h}{v\,t} \Rightarrow \boxed{v_E = \frac{H}{H-h} \cdot v}$$

Resposta: $\frac{H}{H-h} \cdot v$

64 Dispõe-se de duas velas inteiras, de mesmas dimensões, mas feitas de materiais diferentes. Sabe-se que, após serem acesas, uma queima completamente em 3 horas e a outra, em 4 horas. Para cada uma delas, o comprimento queimado por unidade de tempo é constante. Em que horário da tarde as duas velas devem ser acesas para que, às 16 h, o comprimento de uma seja igual à metade do comprimento da outra?

Resolução:



$v_1 = \frac{L}{3}$ $\quad v_2 = \frac{L}{4}$

• $C_2 = 2C_1 \Rightarrow L - \Delta s_2 = 2(L - \Delta s_1)$

$L - v_2\,\Delta t = 2L - 2v_1\,\Delta t \Rightarrow 2\frac{L}{3}\Delta t - \frac{L}{4}\Delta t = L$

$\frac{8\Delta t - 3\Delta t}{12} = 1 \Rightarrow \Delta t = \frac{12}{5}\,h = 2{,}4\,h$

$\boxed{\Delta t = 2\,h\,24\,min}$

$\Delta t = t_1 - t_0 \Rightarrow t_0 = t_1 - \Delta t \Rightarrow t_0 = 16h - 2\,h\,24\,min$

$\boxed{t_0 = 13\,h\,36\,min}$

Resposta: 13 h 36 min